



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Off nl gungsschrift
⑩ DE 197 32 668 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
G 02 B 27/62
B 23 K 26/04
// G02B 26/10

⑲ Aktenzeichen: 197 32 668.4
⑳ Anmeldetag: 29. 7. 97
㉑ Offenlegungstag: 18. 2. 99

DE 197 32 668 A 1

⑦1 Anmelder:
Scaps GmbH, 81476 München, DE

⑦2 Erfinder:
Reichle, Johannes, 81375 München, DE; Rönner,
Andreas, 81371 München, DE

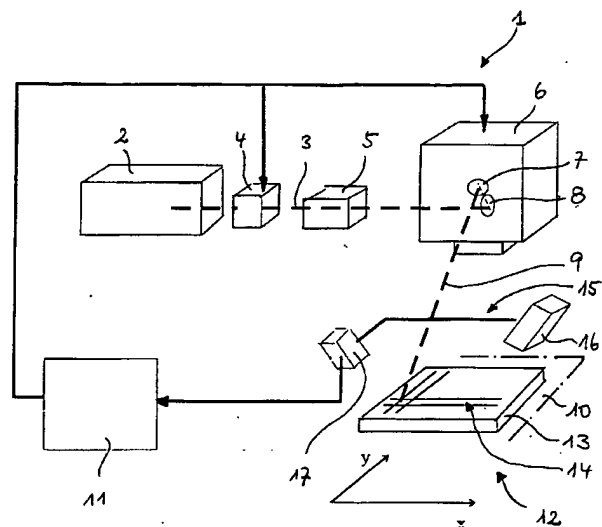
⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 44 37 284 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung und Verfahren zur Kalibrierung von Strahlabtastvorrichtungen

⑤7 Es ist eine Vorrichtung (12) zum Kalibrieren einer Strahlabtastvorrichtung (1), insbesondere einer Steuerung zur Ablenkung eines zur Strahlabtastung verwendeten Laserstrahls, mit einem Strahlerzeuger (2) zum Erzeugen eines gerichteten elektromagnetischen Strahls (3) und einer Steuerung zum Ablenken des Strahls an vorbestimmte Positionen vorgesehen. Um eine einfache, genaue und universell einsetzbare Kalibrierung zu ermöglichen, weist die Kalibriervorrichtung (12) eine Oberfläche mit definierten Markierungen (14), eine Detektorvorrichtung (15) zum Erzeugen eines Detektorsignals beim Erfassen einer Markierung (14) durch den Strahl und eine Auswertevorrichtung (11) zum Vergleichen des Detektorsignals mit den entsprechenden Sollpositionen und zum Erzeugen eines Korrektursignals aus diesem Vergleich auf.



DE 197 32 668 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung von Strahlabtastvorrichtungen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Kalibrierung einer Steuerung zur Ablenkung eines zur Strahlabtastung verwendeten Laserstrahls.

Strahlabtastvorrichtungen besitzen im unkalibrierten Zustand eine für den praktischen Gebrauch unzureichende Positioniergenauigkeit; Grund hierfür sind unvermeidbare Fertigungstoleranzen sowie elektromechanische und elektrooptische Nichtlinearitäten der Gesamtvorrichtung. Es ist daher erforderlich, diese Abtastvorrichtungen zu kalibrieren. Bei einem aus der DE 44 37 284 A1 bekannten Kalibrierverfahren wird durch Bestrahlen eines lichtempfindlichen Films mit dem Laserstrahl an vorgegebenen Positionen ein Testbild erzeugt, das anschließend mittels einer Videokamera oder eines Pixelscanners abgetastet wird. Durch Vergleich des abgetasteten Testbildes mit Referenzdaten werden Korrekturdaten für die Steuerung des Lasers ermittelt. Dieses bekannte Verfahren ist wegen der geringen Auflösung des Testbildes und der schwierigen Positionierung des Films für hochpräzise Kalibrierungen ungeeignet; ferner ist die Justierung des Films umständlich.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß es bzw. sie einfach und universell einsetzbar ist, eine erhöhte Kalibriergenauigkeit ermöglicht und damit auch im Hochpräzisionsbereich kostengünstig verwendbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

Hauptmerkmal der Erfindung sind die vorgesehenen Markierungen, die beispielsweise in Form von Linienrastern oder anderen Strukturen mit hoher Präzision in die Oberfläche eingätzt oder eingeritzt sein können. Die Position dieser Markierungen wird dadurch erfaßt, daß der Strahl, beispielsweise ein Laserstrahl, an den Markierungen gegenüber der umgebenden Oberfläche verändert reflektiert wird. Es wird also immer dann eine Veränderung der reflektierten Strahlung erfaßt, wenn der Laserstrahl gerade auf eine Markierung bzw. Linie auftrifft. Damit ist es gegenüber dem Stand der Technik nicht mehr erforderlich, ein Testbild mit dem Laserstrahl zu erzeugen; vielmehr erfolgt der Vergleich der Position des Laserstrahls unmittelbar mit den vorhandenen Markierungen.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung zur Erläuterung einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 3 eine Draufsicht auf eine bei der Erfindung verwendete Kalibrierplatte;

Fig. 4 eine Draufsicht entsprechend **Fig. 3** mit gestrichelt eingezeichnetem Verfahrensweg des Strahls;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 6 eine Draufsicht auf eine abgewandelte Form einer bei der Erfindung verwendeten Kalibrierplatte; und

Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung zur Erläuterung einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Wie in **Fig. 1** dargestellt weist eine Strahlabtastvorrichtung 1 eine Laserquelle 2 auf, die einen Laserstrahl 3 abgibt. Der Laserstrahl 3 wird über einen Lichtmodulator 4 und eine Aufweiteoptik 5 in einen Abtastkopf 6 geleitet, in dem er über zwei drehbare Spiegel 7, 8 als abgelenkter Strahl 9 auf eine Arbeitsebene 10 gerichtet wird. Eine Steuerung 11 steuert die Position der Spiegel 7, 8 derart, daß diese den Laserstrahl 9 an jede gewünschte Position der Arbeitsebene 10 ablenken.

Eine Kalibriervorrichtung 12 weist eine Kalibrierplatte 13, beispielsweise in Form einer Glasplatte, auf, die in oder geringfügig über oder unter der Arbeitsebene 10 und parallel zu dieser angeordnet ist. Die Ausdehnung der Kalibrierplatte 13 entspricht etwa der Größe der Arbeitsbereiche des Laserstrahls in der Arbeitsebene 10, beispielsweise 100 mm × 100 mm.

Auf der Kalibrierplatte 13 sind Markierungen 14 vorgesehen; diese bestehen im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einer orthogonalen Gitterstruktur in Form eines XY-Koordinatengitters, das in die Oberfläche der Kalibrierplatte 13 eingätzt ist. Alternativ kann diese Struktur auch durch Einritzen der Gitterlinien oder durch photolithographisch oder mittels Maskentechnik erzeugte Linien erzeugt, beispielsweise auch aufgebracht werden. Ferner kann die Kalibrierplatte 13 auch anstatt aus Glas aus Metall oder einem anderen geeigneten Trägermaterial für die Markierungen 14 bestehen.

Die Kalibriervorrichtung 12 umfaßt ferner eine Detektorvorrichtung 15 mit zwei (oder einer anderen geeigneten Zahl von) Photosensoren 16, 17, die jeweils seitlich oberhalb der Arbeitsebene derart angeordnet sind, daß sie eine von der Gitterstruktur 14 diffus reflektierte Strahlung erfassen. Die beiden Photosensoren 16, 17 sind mit der Steuerung 11 verbunden.

Die Arbeitsweise der in der **Fig. 1** dargestellten Kalibriervorrichtung soll unter Bezug auf die **Fig. 2** und **3** beschrieben werden. In **Fig. 2** oben ist ein Schnitt durch die Kalibrierplatte 13 mit den darauf vorgesehenen Markierungen 14 entlang der in **Fig. 3** dargestellten Schnittlinie II-II gezeigt. Die Markierungen bestehen aus einem äquidistanten XY-Koordinatenraster 14 mit einer Periode p , einer Linienbreite t_2 und einem Linienabstand t_1 . Das Tastverhältnis ist also $t=t_1/t_2$. Vorzugsweise ist $t_1 \gg t_2$. Der diffuse Reflexionsfaktor der Gitterlinien ist rd_2 und im Bereich zwischen den Linien $rd_1 < rd_2$. Der Laserstrahl 9 wird von der Steuerung 11 durch entsprechendes Schwenken der Spiegel 7, 8 im Abtastkopf durch Steuersignale schrittweise mit einer Schrittweite w entlang der in **Fig. 3** dargestellten Gerade 18 in X-Richtung bewegt. Dabei überstreicht der Laserstrahl in Position A zunächst einen Zwischenlinienbereich mit dem Reflexionsfaktor rd_1 , wobei von den Photosensoren 16, 17 aufgrund des geringen Reflexionsfaktors eine niedrige Intensität I_1 erfaßt wird. Beim anschließenden Überstreichen einer Gitterlinie 14 in Position B wird aufgrund der dort höheren Reflexion rd_2 von den Photosensoren 16, 17 eine höhere Intensität I_2 der reflektierten Strahlung erfaßt, die beim Auftreten des Laserstrahls 9 auf den nächsten Zwischengitterbereich wieder auf den Wert I_1 absinkt. Aus dem erfaßten Intensitätsverlauf der reflektierten Strahlung wird beispielsweise durch Bestimmung des Maximums die exakte Istposition des Laserstrahls an der Gitterlinie ermittelt und in der Steuerung 11 mit dem für diese Stelle vorgegebenen Steuersignal x_n (beispielsweise in Form einer Anzahl Schritte w) als Sollsignal verglichen. Aus diesem Vergleich wird für die Stelle x_n ein Korrekturwert ermittelt und in der Steuerung 11 abgelegt.

Abstand der Gitterlinien t_1 : 920 μm
Schrittweite der Steuerung w : 2 μm

In Fig. 5 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, die sich von derjenigen nach Fig. 1 nur dadurch unterscheidet, daß die Photosensoren 16, 17 unterhalb der Kalibrierplatte angeordnet sind und anstelle der Reflexion die unterschiedliche Transmission des Laserstrahls an den Markierungen 14 und dem übrigen Bereich erfassen. In dieser Ausführung muß die Kalibrierplatte 13 natürlich zumindest im Bereich entweder der Markierung 14 oder des Bereichs dazwischen zumindest teilweise strahlungsdurchlässig sein. Gemäß einer weiteren (nicht gezeigten) Abwandlung kann insbesondere dann, wenn die Laserquelle 2 sehr leistungsstark ist, in der Vorrichtung 1 ein Pilotlaser kleinerer Leistung eingebaut sein, dessen Strahl für die Kalibrierung in die Optik vor dem Abtastkopf 6 eingekoppelt wird.

Fig. 6 zeigt eine abgewandelte Ausführungsform der Kalibrierplatte, bei der an den einzelnen definierten Meßpunkten x_i, y_i Senkungen 19 im Material ausgebildet sind. Aufgrund dieser Senkungen wird dort wieder ein unterschiedlicher Reflexionsfaktor für die Laserstrahlung erhalten. Die Kalibrierung erfolgt wiederum durch zeilenweises oder spaltenweises Anfahren dieser einzelnen Meßpunkte und Ablegen der entsprechenden Korrekturwerte in der Steuerung 11.

In Fig. 7 schematisch eine weitere abgewandelte Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei in der Kalibrierplatte 13' Markierungen bzw. Linienmuster 14' mit dreieckiger Querschnittsform eingeritzt bzw. eingätzt sind. An den Linien ergibt sich damit ein in Fig. 7 unten dargestellter ausgeprägter Peak des Intensitätsverlaufs beim Verfahren des Laserstrahls in Richtung des Pfeils 20, so daß die Position der Linien und damit die Korrekturwerte mit hoher Genauigkeit erfaßt werden können.

Nach erfolgter Kalibrierung wird anstelle der Kalibrierplatte 13 ein Werkstück in den Arbeitsbereich der Strahlabtastvorrichtung 1 eingebracht. Dieses Werkstück ist vorteilhafterweise an genau definierten Stellen, beispielsweise zwei diagonal gegenüberliegenden Positionen, mit Markierungen versehen. Diese Markierungen werden von der Strahlabtastvorrichtung erfaßt und mit den zugehörigen korrigierten Steuerdaten verglichen. Damit wird das kalibrierte Feld der Steuerdaten auf die tatsächliche Lage des Werkstücks ausgerichtet, was die Anforderungen an die Positionierung des Werkstücks erheblich verringert. Ferner können die Steuerdaten auch durch Vergleich mit einem bekannten Abstand zwischen den Markierungen skaliert werden.

Das oben beschriebene Verfahren wird an einer über die gesamte Fläche der Kalibrierplatte 13 verteilten Anzahl von Kalibrierpunkten durchgeführt. Beispielsweise wird in der in Fig. 4 dargestellten Weise ausgehend von einem Startpunkt S der Laserstrahl zunächst in X-Richtung verfahren, bis an einer ersten Position x_0 , wo der Laserstrahl die erste Linie in Y-Richtung erstreckende Gitterlinie erfaßt, ein erster x-Korrekturwert ermittelt wird. Anschließend wird der Laserstrahl in Y-Richtung verfahren, bis er zur ersten sich in X-Richtung erstreckenden Gitterlinie gelangt. Dort wird der erste y-Korrekturwert für die Position y_0 ermittelt. Beide Korrekturwerte werden dann für die Position x_0, y_0 abgespeichert. Die Steuerung 11 verfährt dann den Laserstrahl wieder in X-Richtung bis zur zweiten Gitterlinie mit anschließender Umlenkung in Y-Richtung zur Ermittlung der Korrekturwerte für die Position x_1, y_0 . In dieser Weise werden alle Kreuzungspunkte des Gitters 14 in der ersten Zeile angefahren; anschließend fährt der Laserstrahl zur zweiten Zeile und ermittelt dort an allen Kreuzungspunkten die Korrekturwerte usw. Korrekturwerte für Koordinaten zwischen diesen Kreuzungspunkten werden anschließend durch Interpolation oder andere theoretische Mittelungsverfahren ermittelt und ebenfalls in der Steuerung gespeichert oder auch

bei der nachfolgenden Strahlabtastung, beispielsweise der Bearbeitung eines Werkstücks, online berechnet.

Nach Anfahren aller Kreuzungspunkte kann die Kalibrierplatte 13 mittels einer (nicht dargestellten) Vorrichtung, beispielsweise einer Klapp- oder Schwenkvorrichtung, entfernt werden. Der Laserstrahl kann dann jede Position mittels der für diese Position abgelegten Korrekturwerte der Steuersignale anfahren.

Falls die Arbeitsebene 10 des Laserstrahls oberhalb der Kalibrierplatte 13 liegt, kann diese auch in der Strahlabtastvorrichtung 1 verbleiben. Dies verringert mögliche Positionierfehler der Platte 13 beim Einsetzen in die Vorrichtung 1 oder Einbringen in die Kalibrierposition.

Selbstverständlich kann bei geringerem Reflexionsfaktor der Gitterlinien auch ein Intensitätsminimum bestimmt werden. Wichtig ist, daß die Breite t_1 erheblich größer als die Linienbreite t_2 ist und daß sich der Reflexionsfaktor rd_2 der Linien von demjenigen der Zwischenlinienbereiche erheblich unterscheidet. Ferner muß die Schrittweite w der Steuerung erheblich kleiner sein als der Fokussdurchmesser des Lasers. Für einen Fokussdurchmesser des Laserstrahls 9 von etwa 35 μm ergeben sich folgende sinnvolle Werte:

Periode p des Gitters: 1000 μm

Breite der Gitterlinie t_2 : 80 μm

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kalibrieren einer Strahlabtastvorrichtung, bei dem
 - a) eine Oberfläche mit definierten Markierungen an vorgegebenen Positionen mittels des Strahls abgetastet wird;
 - b) das damit an den Markierungen der Oberfläche erzeugte Signal erfaßt wird; und
 - c) das erfaßte Signal mit den entsprechenden Sollpositionen des Strahls verglichen wird und
 - d) aus dem Vergleich Korrekturwerte für die Steuerung der Strahlabtastvorrichtung ermittelt und bereitgestellt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahl ein Licht- oder Laserstrahl ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Oberfläche eine Kalibrierplatte mit einer vorgegebenen Struktur verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Struktur ein Linienmuster verwendet wird, wobei sich die optischen Eigenschaften der Linien von der Oberfläche unterscheiden, und daß die Oberfläche unter einem Winkel zur Richtung der Linien abgetastet und das Signal erzeugt wird, wenn der Strahl auf eine der Linien trifft.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Linienmuster ein Gittermuster mit zwei sich schneidenden Linienscharen verwendet wird und der Strahl so gesteuert wird, daß er bei einem Schnittpunkt zweier Linien beide Linien abgetastet und damit die Istposition des Schnittpunkts ermittelt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung eines x, y -Koordinatennetzes durch abwechselndes Ablenken des Strahls in X- und Y-Richtung jeder Rasterpunkt erfaßt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3-6, dadurch gekennzeichnet, daß die diffuse Reflexion oder die Transmission an der Struktur gemessen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3-7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierplatte nach dem Kalibrieren entfernt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, da-

durch gekennzeichnet, daß nach dem Kalibrieren ein mit Markierungen versehenes Werkstück in den Arbeitsbereich der Strahlabtastvorrichtung (1) eingebracht wird und die kalibrierten Steuerdaten zur Ausrichtung auf die Position des Werkstücks mit den Markierungen verglichen werden. 5

10. Vorrichtung (12) zum Kalibrieren einer Strahlabtastvorrichtung (1) mit einem Strahlerzeuger (2) zum Erzeugen eines gerichteten elektromagnetischen Strahls (3, 9) und einer Steuerung (11, 6) zum Ablenken des Strahls an vorbestimmte Sollpositionen, gekennzeichnet durch 10

eine Oberfläche mit definierten Markierungen (14), eine Detektorvorrichtung (15) zum Erzeugen eines Detektorsignals beim Erfassen einer Markierung (14) durch den Strahl (9), und 15

eine Auswertevorrichtung (11) zum Vergleichen des Detektorsignals mit den entsprechenden Sollpositionen und zum Erzeugen eines Korrektursignals für die Steuerung (11, 6) aus diesem Vergleich. 20

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche von einer Kalibrierplatte (13) mit einer darauf vorgesehenen Struktur (14) gebildet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (14) als Linienmuster oder Gitternetz ausgebildet ist. 25

13. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (14) in die Oberfläche der Kalibrierplatte (13) eingätzt oder eingeritzt ist. 30

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–13, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorvorrichtung (15) Photosensoren (16, 17) zum Erfassen eines an der Oberfläche diffus reflektierten Strahlanteils bzw. eines durch die Oberfläche hindurchgehenden Strahlanteils aufweist. 35

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10–14, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlabtastvorrichtung (1) eine Arbeitsebene (10) aufweist und die Oberfläche der Kalibriervorrichtung (12) zum Kalibrieren in oder unterhalb der Arbeitsebene (10) parallel zu dieser angeordnet ist. 40

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung zum Einbringen der Oberfläche in die Kalibrierlage und Entfernen aus dieser vorgesehen ist. 45

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertevorrichtung (11) mit der Steuervorrichtung (11) zur Übergabe des Korrektursignals gekoppelt ist. 50

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

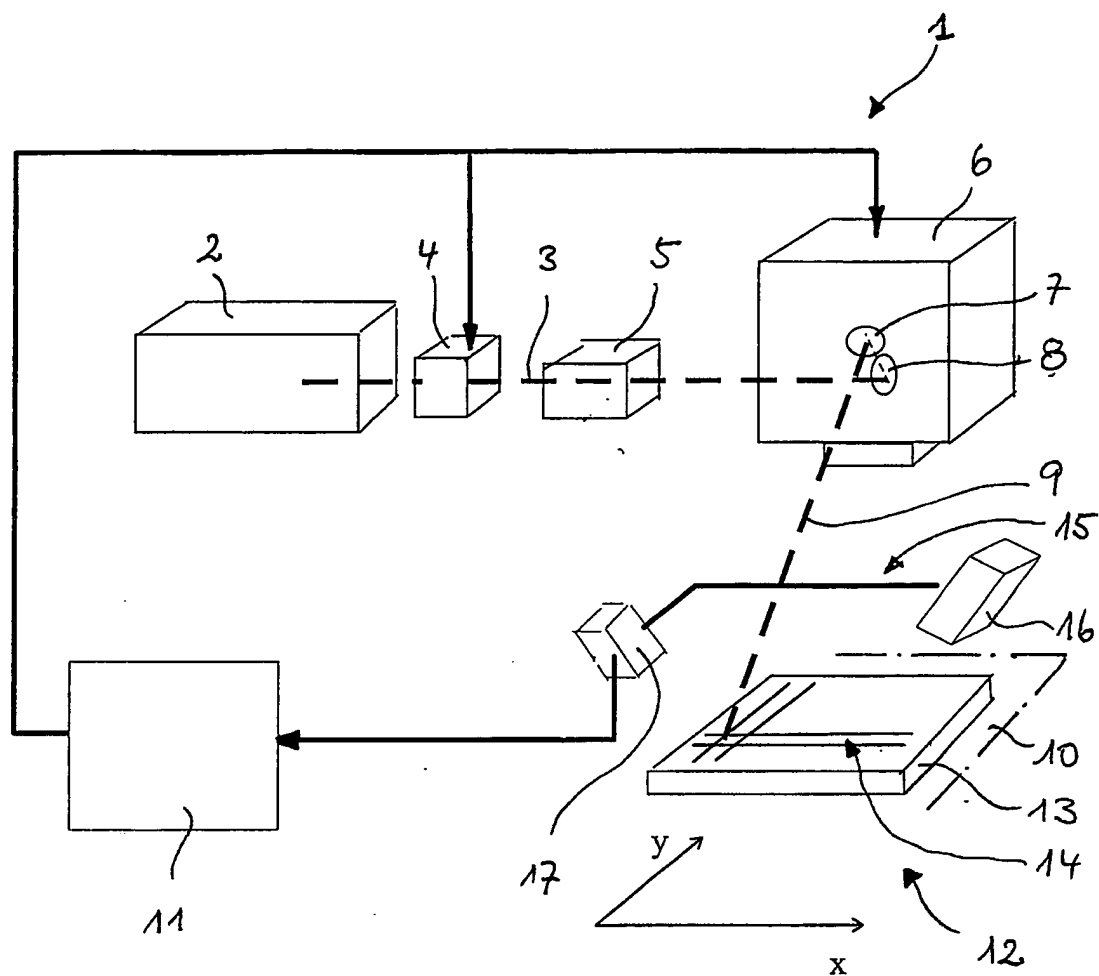
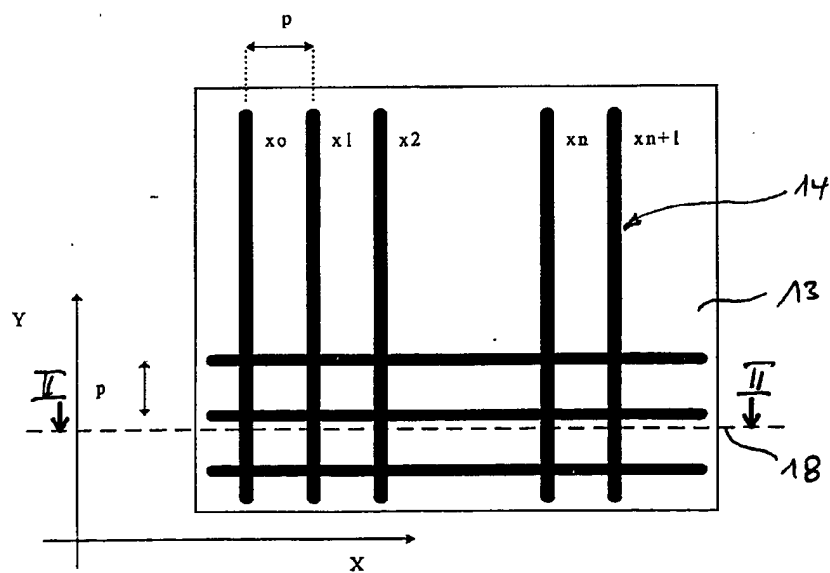
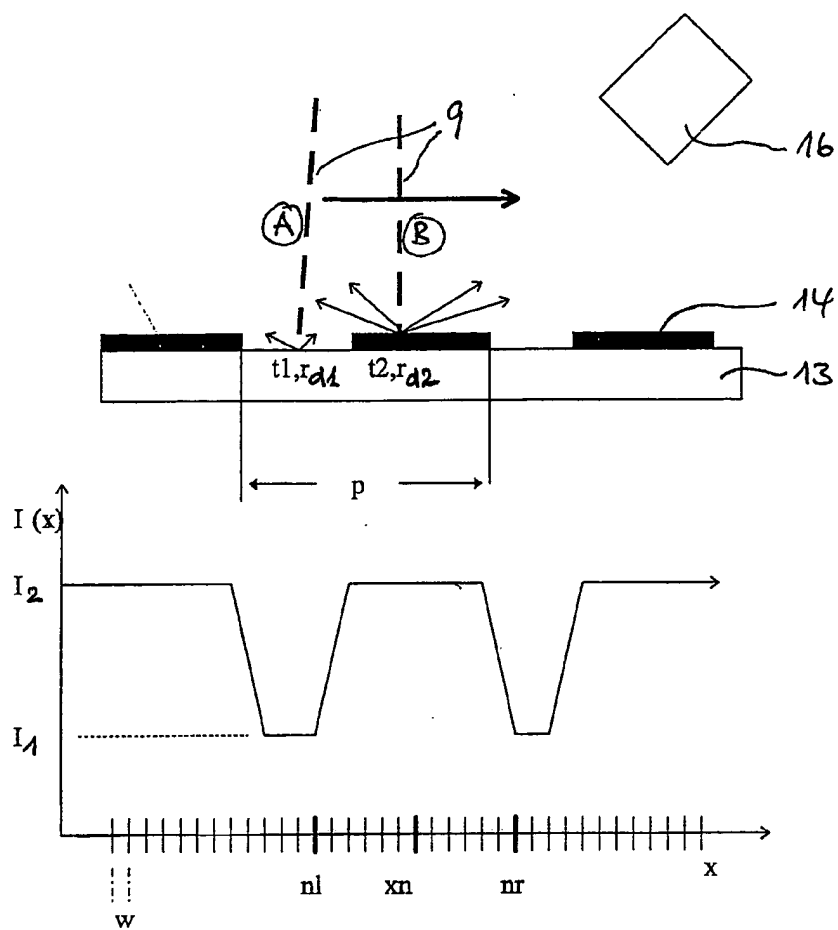


Fig. 1



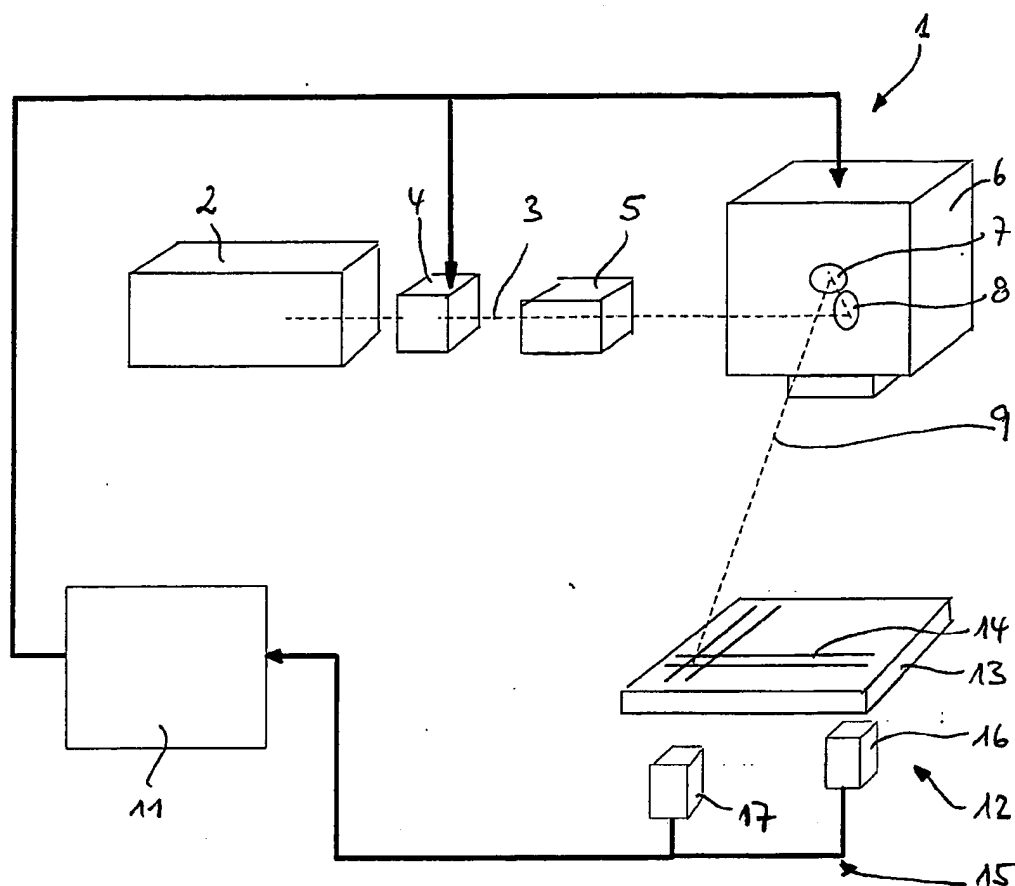


Fig. 5

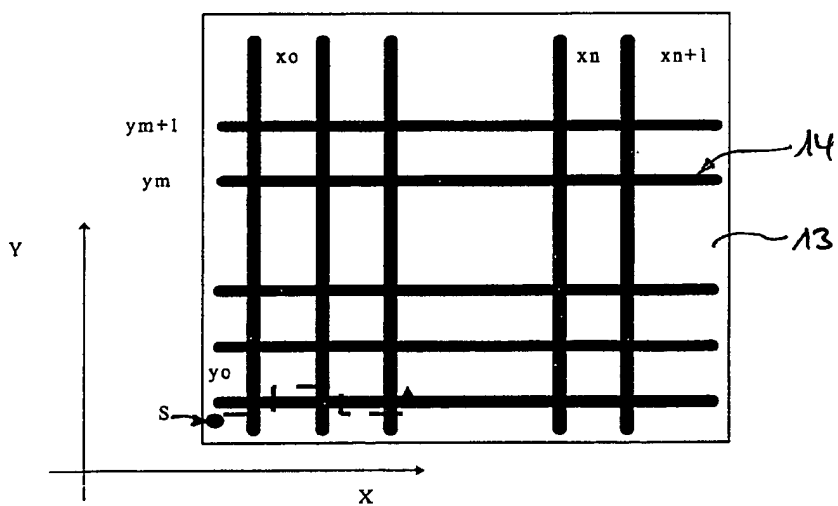


Fig. 4

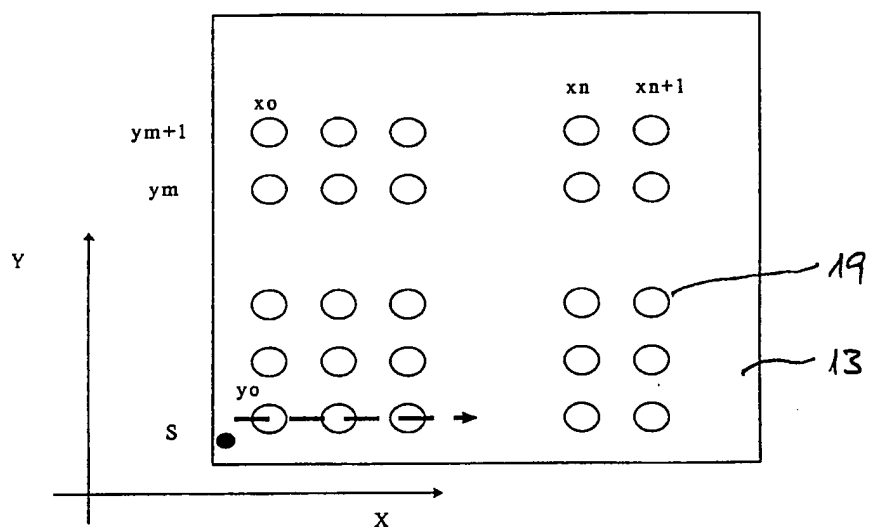


Fig. 6

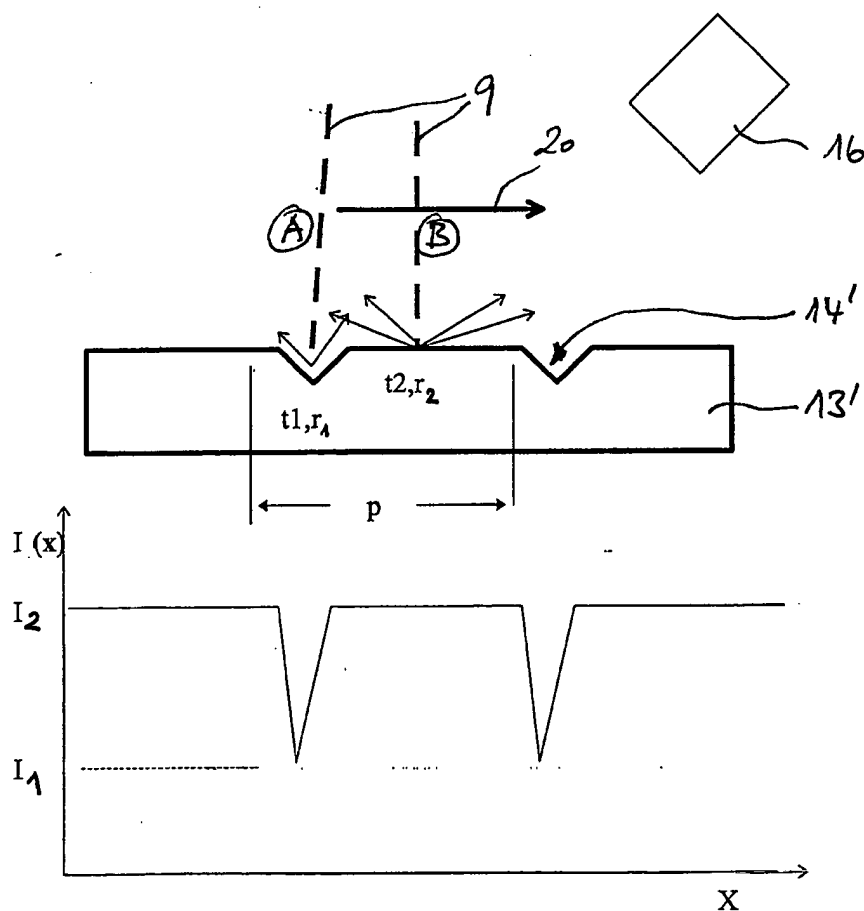


Fig. 7

Light calibrating procedure for laser beam scanning device

Patent Number: DE19732668
Publication date: 1999-02-18
Inventor(s): ROENNER ANDREAS (DE); REICHLE JOHANNES (DE)
Applicant(s): SCAPS GMBH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19732668
Application Number: DE19971032668 19970729
Priority Number(s): DE19971032668 19970729
IPC Classification: G02B27/62; B23K26/04; G02B26/10
EC Classification: G02B26/10, B23K26/04
Equivalents:

Abstract

Procedure for calibrating light or laser beam scanning device uses surface with markings at specified positions where signals are generated by scanning beam and compared with theoretical beam position. A procedure for calibrating a beam scanning device has: a surface with definitive markings at specified positions scanned by means of the beam; the signal generated at the markings of the surface is picked up; the picked-up signal is compared with the corresponding theoretical position of the beam; and from the comparison, correction values are determined for the control of the beam scanning device. The beam is a light or laser beam. As a surface, a calibration plate with a specified structure is used. As a structure, a line pattern is used. The optical properties of the lines of the surface differ from one another. The surface is scanned below an angle to the direction of the lines and the signal is generated if the beam meets one of the lines.

Data supplied from the esp@cenet database - I2